



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ Patentschrift
①⑩ DE 42 02 231 C 1

②① Aktenzeichen: P 42 02 231.2-41
②② Anmeldetag: 28. 1. 92
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 6. 93

⑤① Int. Cl.⁵:
A23 P 1/16
A 23 P 1/12
A 23 C 13/00
A 23 L 1/212
A 01 J 13/00
A 23 G 9/04

DE 42 02 231 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik, 4570
Quakenbrück, DE; Milchhof Eiskrem GmbH & Co
KG, 4020 Mettmann, DE; HMF Krampe & Co GmbH,
58110 Witten, DE

⑦④ Vertreter:

Beyer, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4030 Ratingen

⑦② Erfinder:

Windhab, Erich, Dr.-Ing., 4570 Quakenbrück, DE;
Fels, Ulrich, Dipl.-Kaufm., 4154 Tönisvorst, DE;
Hoffmann, Ralf, 4320 Hattingen, DE; Holdt, Peter
von, Dipl.-Ing.; Hahn, Lutz, 2401 Groß Grönau, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 18 268 C1
DE 39 05 946 A1
US 27 13 253

JP 3-27276. In: Patents Abstr. of Japan, Sekt. C,
Bd. 15, 1991, Nr. 150 (C-824);
JP 62-55067A. In: Patents Abstr. of Japan, Sekt. C,
Bd. 11, 1987, Nr. 251 (C-440);

⑤④ Einrichtung zum Kühlen von eßbaren Schäumen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Einrichtung mit einer Steuerung
zum Tiefgefrieren von eßbaren Schäumen bzw. anderen
Fluiden auf Temperaturen unter -10°C unter gleichzeitiger
Erzeugung eines cremigen Zustandes. Dabei wird ein weit-
estgehend homogener mechanischer Energieeintrag bei
gleichzeitig räumlich weitgehend konstanter Wärmeabfuhr
aufgrund der Verwendung eines speziellen außen- und
innentemperierten Doppelschneckensystems gewährleistet.
Die optimale Abstimmung von mechanischem Energieein-
trag, homogener Strukturbeanspruchung, unterkritischer
Scherung (Minimierung der Strukturzerstörung), Kühlgra-
dient (Berücksichtigung von dissipierter Energie) und Ge-
frierprozeß erfolgt erfindungsgemäß mittels einer Steuerung
von mechanischer und thermischer Energiebilanz auf Basis
der Erfassung der Produktkonsistenz als Zielgröße. Die
Produktkonsistenz wird zum Beispiel mittels on-line Viskosi-
tätsmessung ermittelt.

DE 42 02 231 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Kühlen von eßbaren Schäumen, wie Milchprodukte (Eiskrem, Schlagsahne), Früchteschäume oder dergleichen, wobei die Schäume während und/oder im unmittelbaren Anschluß nach ihrer Herstellung (Aufschlag) im gleichen Arbeitsgang auf Lagertemperatur tiefkühlbar sind, derart, daß einer Aufschlagvorrichtung unmittelbar ein Kühl- und Gefriergerät zum Vorgefrieren des Schaumes und dem Kühl- und Gefriergerät unmittelbar eine als kombinierte Tiefgefrier- und Transportvorrichtung ausgebildete kombinierte, motorisch antreibbare Extrudervorrichtung nachgeschaltet ist, in der der vorgefrorene Schaum auf Lagertemperatur herunterkühlbar ist, wobei die Aufschlagvorrichtung, das Kühl- oder Gefriergerät und die Extrudervorrichtung durch Rohrleitungen miteinander verbunden sind.

Stand der Technik

Grundsätzliche Überlegungen

In weiten Bereichen der Lebensmitteltechnologie werden zum Herstellen von Lebensmitteln bzw. von Genußmitteln Schäume hergestellt. Diese Schäume haben zum einen den Vorteil, daß sie den Genußwert des jeweiligen Produktes erhöhen, zum anderen wird durch das Einschlagen von Luft eine Erhöhung des Volumens vorgenommen.

Zwei klassische Vertreter dieser Lebensmittelschäume sind Schlagsahne und Eiskrem. Bei beiden Produkten wird durch das Einschlagen von Luft das Volumen auf etwa das Doppelte erhöht. Die Feinverteilung der Luftblasen ist sowohl bei Eiskrem als auch bei Schlagsahne ein wesentliches Qualitätskriterium. Bei beiden obengenannten Produkten ist erst eine verzehrgerechte Form durch dieses Einschlagen von Luft möglich.

— Bei Schlagsahne verbietet der hohe Fettgehalt weitgehend den Genuß in der ursprünglich flüssigen Form.

— Bei Eiskrem bewirkt das Einschlagen von Luft eine cremige Konsistenz der Eiskrem, da man ohne Lufteinschlag einen hartgefrorenen Block erhält.

Die Technologien zum kontinuierlichen Aufschlagen (Einbringung von Luft) von Schlagsahne und Eiskrem sind weltweit bekannt. Zwar unterscheiden sich die Technologien bei Schlagsahne und Eiskrem wesentlich voneinander, haben jedoch das gleiche mechanische Grundprinzip.

Die Verbreitung von tiefgekühlten Produkten und somit auch deren Absatz hat sich in den letzten Jahren mehr als verdoppelt. Nachdem anfänglich die Tiefkühlung nur zur Frischhaltung von Gemüse eingesetzt wurde, wird heute die gesamte Lebensmittelpalette bereits als Tiefkühlware für die Bereiche der Frischwaren angeboten. Von der Tiefkühlung von Gemüse geht der Verbreitungsweg der Tiefkühlkost heute über Fertiggerichte bis hin zu Konditortorten. In diesem Tiefkühlkostbereich nimmt Eiskrem eine wesentliche Stellung ein, wobei für Eiskrem ausschließlich dieser Vermarktungsweg über eine geschlossene Tiefkühlkette möglich ist. Seit ungefähr 15 Jahren versucht die Industrie, Konditortorten auf Schlagsahnebasis als Tiefkühlprodukte zu vermarkten. Stetig steigende Verkaufszahlen auf diesem Sektor belegen die großen Marktchancen in diesem

Marktsegment. Die Technologie der Herstellung solcher Tiefkühlorten ist, abgesehen von dem Einsatz von automatischen, kontinuierlichen Aufschlagmaschinen, weitgehend rückständig.

Die Technologie der Eiskremherstellung hat seit der Inbetriebnahme von kontinuierlichen Kühl- oder Gefriergeräten (Freezer) keine gravierenden, technischen Änderungen mehr erfahren. Sieht man von technischen Änderungen, die die Steuerung der Eiskrem-Kühl- oder Gefriergeräte betreffen, ab, so wird hier nach dem gleichen Prinzip noch wie vor 30 Jahren gearbeitet.

Die heute übliche Arbeitsweise zum Herstellen von tiefgekühlten Torten

Der mit Zucker versetzten Schlagsahne wird ein geeignetes Geliermittel hinzugefügt. Danach wird diese Schlagsahne pasteurisiert und in Reifetanks für etwa 24 h bei +5°C gereift. Mittels einer Förderpumpe wird die Sahne der kontinuierlich arbeitenden Aufschlagmaschine zugeführt. Gleichzeitig wird diese Aufschlagmaschine mit Druckluft versorgt. Beide Medien werden mit einem Rotor-Stator-Prinzip miteinander vermischt, wobei die Schlagsahne Luft aufnimmt.

Beim Schlagen von Sahne entsteht ein 3-Phasen-System, nämlich die Luft-, Fett- und Serumphase.

In diese Emulsion werden Luftblasen eingeschlagen (verschäumt). Hierbei wird ein Teil der Fettkügelchen zerstört. Das Fett liegt bei tiefen Temperaturen teilweise in fester, auskristallisierter Form vor, wobei aber ein kleiner Teil des Fettes noch in flüssiger Form in Fettkügelchen eingeschlossen ist. Durch die mechanische Einwirkung des Rotor-Stator-Systems kommt es zu einem Zerstören dieser Fettkügelchen. Dabei tritt ein Teil des freien Fettes aus. Die "angeschlagenen" und die intakten Fettkügelchen lagern sich dann an die Grenzfläche Luft/Serum an. Dabei ragen Teile von Fettkügelchen aus den monomolekularen Schichten kristallinen Fettes aufgrund der hydrophoben Eigenschaften in die Innenseite der Luftblasen hinein. Freies, flüssiges Fett dient dazu, die erstarrten Fettkügelchen miteinander zu verbinden (Kittsubstanz). In der Serumphase nimmt die Anzahl der intakten Fettkügelchen während des Schlagens (Verschäumens) ab. Die Proteine verbleiben in der Serumphase. Durch diesen Vorgang entsteht ein stabiler Schaum (Schlagsahne). Dieser Schaum wird dann mittels Füllapparaturen schichtweise in Tortenformen eingegeben. Dabei hat dieser Schaum eine Konsistenz, die eine Abfüllung mittels Volumendoseuren noch zuläßt. Die in der Sahne vorhandenen Geliermittel werden erst nach Ablauf einiger Minuten fest, d. h., sie bilden ein Gerüst innerhalb der Schaumstruktur, wobei die Fettkügelchen und die Luftblasen fest justiert werden durch diese gerüstbildenden Geliermittel. Gleichzeitig wird das Wasser an diese Geliermittel gebunden. Nach dem Aufschlagen und Dosieren der Sahne in entsprechende Tortenformen gelangen diese Torten in einen Härtetunnel zur Tiefkühlung. Bei der Tiefkühlung durchlaufen die Torten einen Luftstrom von etwa -45°C und geben an diesen Luftstrom ihre Wärme ab, so daß sie nach einer Kühlzeit von etwa zwei bis drei Stunden eine Kerntemperatur von -18°C erhalten. Bei diesem relativ langsamen Gefriervorgang friert das im Produkt befindliche Wasser zu größeren Eiskristallen aus. Bei dem Entstehen dieser Eiskristalle wird teilweise das Gerüst, welches vorher durch das Geliermittel gebildet worden ist, zerstört. Ebenso ist es möglich, daß während des Gefrierprozesses wachsende Eiskristalle die in kleinen

Bläschen vorhandene Luft anstecken und somit die Membrane dieser Luftblasen zerstören. Dies ist kein wesentlicher Nachteil, solange das Produkt gefroren bleibt, d. h. das Wasser in fester Form im Produkt vorliegt. Beim Auftauen des Produktes verwandelt sich das feste Wasser der Eiskristalle in eine flüssige Wasserphase. Hierbei kommt es zur Konzentration von Wassertropfchen. Das durch das Geliermittel aufgebaute Gerüst sowie die Emulsion von Luft, Fett und Serum können diese größeren als im Ausgangsprodukt vorhandenen Wasseransammlungen teilweise nicht mehr in das Produkt einschließen, es kommt zu einem Nässen des Produktes beim Auftauen.

Ebenso ist durch den relativ langsamen Gefrierprozeß ein Teil der Luftbläschen zerstört worden. Diese Schäden sind im Produkt irreparabel und führen beim Auftauen des Produktes zu einer Volumenverringerung.

Zwar läßt sich dieses Problem durch eine erhöhte Zugabe von Geliermitteln einigermaßen lösen, jedoch hat der verstärkte Einsatz von Geliermitteln eine geschmackliche Beeinflussung des Produktes zur Folge. Eine Vollmundigkeit der so hergestellten, tiefgefrorenen Schlagsahne ist nach dem Auftauen nicht mehr gegeben. Im Gegensatz zu anderen Lebensmitteln stellt das Tiefgefrieren von aufgeschlagener Sahne mit der zur Zeit vorhandenen Technologie keine Erhaltung der Qualität dar. Im Gegenteil, die Qualität wird durch das Tiefgefrieren noch verschlechtert.

Herstellung von Speiseeis

Speiseeisrezepturen bestehen üblicherweise aus Milch, Magermilch, Rahm, Milchkonzentrat, Milchpulver oder Butter, auch Saccharose, Glukose bzw. Dextrose, aus Obergerzeugnissen, die zugesetzt werden können und aus Hydrokolloiden als Stabilisatoren (Pflanzliche Bindemittel, Alginate, Carrageenate, Johannisbrotkernmehl und ähnliches).

Zur Herstellung von Speiseeis werden die Einzelbestandteile entsprechend einer vorliegenden Rezeptur gewogen und in ein definiertes Mengenverhältnis gebracht. In einem Mischbehälter werden diese Einzelbestandteile miteinander vermengt. Nach einer fünf zehnmütigen Mischzeit bei 63°C ist diese Vermengung erreicht.

Danach folgt das Pasteurisieren auf 80° bis 85°C, und zwar für 20 bis 40 s lang.

Nach dieser Wärmebehandlung wird die Mischung abgekühlt auf etwa 70°C und danach in einer zweistufigen Homogenisierungsmaschine homogenisiert, und zwar in der ersten Stufe mit 150 und in der zweiten Stufe mit 40 bis 50 bar. Hierbei werden die Fettkügelchen auf unter 2 µm zerkleinert.

Diesem Homogenisierungsvorgang folgt ein Herunterkühlen der Mischung auf 2° bis 4°C. Danach wird diese Mischung in Tanks gebracht, um nach einer Reifezeit von 2 bis 24 h zur weiteren Verwendung zur Verfügung zu stehen. Diese Reifezeit bewirkt, daß die Hydrokolloide quellen, das Casein hydratisiert und die Viskosität erhöht wird, wobei sich das Gefüge des Speiseeises verfeinert. Gleichzeitig werden Schmelzwiderstand und Aufschlag verbessert, das Fett kristallisiert aus und ein ausgeglichenes Aroma bildet sich.

Nach Beendigung des Reifevorganges wird diese Mischung dem Kühl- oder Gefriergerät zum Gefrieren und zum gleichzeitigen Lufteinschlag (verschäumen) zugeführt.

Industriell werden heute die Mischungen für Speise-

eis in kontinuierlich arbeitenden Kühl- oder Gefriergeräten (Freezer) teilweise gefroren. Dabei rotiert innerhalb eines verchromten Rohres eine Messerwelle aus Chrom-Nickel-Stahl mit einer Drehzahl von etwa 200 U/min. Die Messer schaben dabei einen dünnen, an der gekühlten Rohrwand sich bildenden Eisfilm kontinuierlich ab und sorgen außerdem noch für eine innige Vermischung der in diesem Zylinder eingeführten Luft.

Zum Kühlen des Zylinders wird von außen in der Regel Frigen® oder Ammoniak in einem Temperaturbereich von -25° bis -30°C eingesetzt. Die gewünschten kleinen Eiskristalle erfordern schnelles Gefrieren, welches durch die stark unterkühlte Zylinderinnenwandung möglich ist.

Die Mischung tritt mit einer Temperatur von etwa 4°C in den Gefrierzylinder ein, nachdem ihr die für den Aufschlag erforderliche Luftmenge zudosiert worden ist. Bei einem üblichen Innendruck im Zylinder von etwa 3 bis 5 bar wird die Luft in die Mischung eingeschlagen. Gleichzeitig findet der Gefrierprozeß statt, und das Eis verläßt pastenförmig das Kühl- oder Gefriergerät.

Die mit diesem Verfahren zu erreichenden Temperaturen sind bis maximal -8°C möglich.

Das so hergestellte Eis wird in Bechern oder in Hörnchen abgefüllt. Diese Produkte müssen dann einem Nachgefrier-Prozeß unterzogen werden, um die Lagertemperatur von -20°C zu erreichen. Wird diese Nachkühlung nicht durchgeführt, so bilden sich die im Eis vorhandenen Wassereiskristalle größer aus, wodurch das Eis rau und sandig schmeckt. Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Eiskrem-Kühl- oder Gefriergeräte lassen keine tieferen Temperaturen als -8°C zu.

Bei dem vorbeschriebenen Stand der Technik können Eiskrem-Schäume hergestellt und bis zu einem Bereich von -7°C gefroren werden. Diese Temperatur stellt jedoch keine Lagertemperatur dar. Vielmehr wird die Lagertemperatur von -20°C erst durch die Nachhärtung in Tiefkühltunneln erreicht. Zum Durchführen dieser Verfahrensweise sind hohe Investitionskosten, insbesondere für den Tiefkühltunnel, erforderlich. Außerdem sind die ständigen Energiekosten beträchtlich. Auf dem Gebiete der Schlagsahneherstellung sind Aufschlagverfahren vorbekannt, die ausschließlich im Temperaturplusbereich arbeiten. Hier ist ein Gefrieren von Schlagsahneschäumen vollkommen unbekannt.

Um diesem Mangel des vorbeschriebenen Standes der Technik abzuhelfen, haben die Anmelder das DBP 39 18 268 erwirkt, aus dem eine Einrichtung gemäß der vorausgesetzten Gattung vorbekannt ist. Mittels einer solchen Einrichtung ist erstmalig eine Verfahrensweise möglich, bei welcher im gleichen Arbeitsgang eßbare Schäume, also nicht nur Eiskrem, sondern auch z. B. Schlagsahne, während und/oder im unmittelbaren Anschluß nach dem Aufschlagen im gleichen Arbeitsgang auf Lagertemperatur, also auf z. B. -20°C, zu kühlen. Dadurch kann z. B. das in Schlagsahne oder dergleichen befindliche Wasser durch extrem schnelles Herunterkühlen bei gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung zu Eiskristallen unter 20 bis 30 µm gefroren werden. Bei einer Eiskristallgröße von 20 bis 30 µm ist die Gefahr, daß das Produkt nach dem Auftauen näßt, erheblich geringer. Ebenso ist die Luftverteilung in dem Produkt stabiler, da bei einer solchen Eiskristallgröße eine "Verletzung" der Luftblasen unwahrscheinlich ist.

Bei Anwendung eines solchen, schnellverlaufenden Gefrierprozesses kann die Vollmundigkeit der Schlagsahne erhalten bleiben, der Anteil an Geliermitteln kann verringert werden, wobei die Annäherung an ein frisch

hergestelltes Produkt erheblich größer ist. Schließlich wird durch die nicht vorhandene Volumenreduzierung ein formstabiles Produkt erreicht, was z. B. für die Herstellung von Torten von großem Vorteil ist.

Durch die Kombination eines Aufschlag- und Gefrierfahrens ist es somit erstmalig möglich, beispielsweise Schlagsahne kontinuierlich aufzuschlagen und gleichzeitig tief zugefrieren. Ein Nachgefrieren von Sahneprodukten in einem Härtetunnel mittels Kaltluft bei etwa -45°C ist damit nicht mehr notwendig. Da bereits im Herstellungsprozeß die für Tiefkühlprodukte notwendige Mindesttemperatur von -18°C oder noch weniger erreicht wird, ist somit in jedem Fall ein anschließender Gefrierprozeß entbehrlich geworden.

Außerdem läßt sich bei Anwendung dieses Verfahrens eine Feinstverteilung von Wasserkristallen erreichen. Bei Anwendung des Verfahrens lassen sich somit Lebensmittelschäume auch auf anderer Basis als auf Schlagsahne herstellen und durch den Gefrierprozeß in eine haltbare Form bringen. Denkbar sind hier Fruchtschäume wie z. B. aufgeschlagenes Bananenpüree, und andere Milchprodukte, wie z. B. Fruchtjoghurt oder dergleichen.

Durch Anwendung des Verfahrens lassen sich vollkommen neue Lebensmittel in leichter, energie- bzw. brennwertärmer Art hervorbringen, die der modernen Ernährungsphysiologie angepaßt sind. Solche Systeme und Verfahrensweisen sind weltweit nicht bekannt. Hierdurch lassen sich vollkommen neue Absatzchancen eröffnen.

Auch bei der Herstellung von Eiskremmassen lassen sich diese bei Anwendung des Verfahrens so aufschlagen und gleichzeitig oder unmittelbar anschließend kontinuierlich gefrieren, daß sie keiner Nachhärtung mittels Kaltluft von -45°C mehr bedürfen, um die endgültige Lagertemperatur von z. B. -18°C bzw. -20°C zu erreichen. Durch dieses Verfahren entfällt der Arbeitsprozeß des Nachhärtens von Eiskrem vollständig, wodurch ein kontinuierlicher Prozeßablauf des Gefrierens und Abfüllens möglich wird, so daß die so hergestellten Produkte unmittelbar nach ihrer Abfüllung versandfertig sind.

Der Abkühlungsprozeß (Nachhärtung) auf -20°C mittels Kaltluft ist vom Anlagenbau — wie oben ausgeführt — an sich sehr investitionsintensiv, und es werden sehr große Abkühlzeiten benötigt, da das durchschnittliche Gefrieren eines Eisproduktes von 5°C auf -20°C nur 1 cm/h voranschreitet, wodurch z. B. ein 6 cm großer Eiswürfel mindestens eine Behandlungszeit mit Kaltluft von drei Stunden benötigt, um eine Kerntemperatur von -20° zu erzielen. Neben diesen zeit- und anlagenintensiven, vorbekannten Verfahren tritt noch eine Schädigung des Produktes auf.

Bei einer Temperatur von -5° bis -7°C ist nur 45 bis 63% des vorhandenen Wassers ausgefroren. Die restlichen 40%, abzüglich von ca. 5% Wasser, verbleiben immer als sogenanntes "freies Wasser" im Produkt. Diese 35% gefrieren erst im Nachhärtungsprozeß. Dabei lagert sich dieses Wasser an die schon vorhandenen Wasserkristalle an und bewirkt ein Vergrößern dieser Kristalle. Je größer die Wasserkristalle sind, desto weniger cremig schmeckt das Speiseeis. Durch die Nachhärtung und dem damit verbundenen Wachsen der Eiskristalle ist gleichzeitig auch noch eine Verschlechterung der Struktur des Speiseeises gegeben. Die Struktur verändert sich von cremig weich hin zu hart, eisig und bröckelig im extremen Fall.

Alle diese Nachteile werden bei Anwendung des Ver-

fahrens vollkommen vermieden.

Obwohl es sich bei den Ausgangsmaterialien von vornehmlich Schlagsahne und Eiskrem um zwei eigenständige Lebensmittel handelt, läßt sich die grundsätzliche Problemstellung, nämlich Schäume durch Aufschlagen herzustellen und zu gefrieren bis zu einem Temperaturbereich, bei dem sie lagerfähig sind, bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ohne Schwierigkeiten lösen.

Somit ist es bei Anwendung des Verfahrens erstmals möglich, gefrorene Schäume bis -18° bis -20°C in einem Arbeitsgang mit Beaufschlagen (Aufschlagen) herzustellen und kontinuierlich versandfertig abzugeben.

Ein besonderer Vorteil besteht auch darin, daß die Energiekosten gegenüber mit Nachhärtetunneln arbeitenden Anlagen bei der Eiskremherstellung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren um etwa z. B. 30% oder noch niedriger liegen, so daß das Verfahren besonders wirtschaftlich arbeitet.

Der belüftete und gefrorene Schaum verläßt die Anlage kontinuierlich. Sämtliche Parameter zur Herstellung dieses Schaumes sind steuerbar, wie zum Beispiel Austrittstemperatur, Menge der eingebrachten (eingeschlagenen) Luft, Gefriereschwindigkeit und so weiter. Durch die Steuerung hält sich die Einrichtung zum Durchführen des Verfahrens selbst in einem prozeßstabilen Zustand.

Bei der vorbekannten Einrichtung kann das zu verschäumende Produkt mit Luft von zum Beispiel 12°C aufgeschlagen werden. Das so verschäumte Produkt wird in einem Kühl- oder Gefriergerät auf zum Beispiel -5°C heruntergekühlt und dadurch der Schaum vorgefroren. Der so vorgefrorene Schaum wird in einer geeigneten Fördervorrichtung auf zum Beispiel -20°C weiter abgekühlt. Die Vorrichtungsteile können in einem Bauelement vereinigt sein. Ein Tiefgefrieretunnel entfällt bei dieser Einrichtung vollkommen.

In der DE-PS 39 18 268 ist auch eine Ausführungsform beschrieben, bei welcher das zu verschäumende Produkt in einer Vorrichtung aufgeschlagen wird, in der das verschäumte Produkt entweder gleichzeitig oder unmittelbar nach dem Verlassen der Schaumherstellungsvorrichtung in mindestens einer sich anschließenden Tiefkühlvorrichtung heruntergekühlt und durch eine Extruderschnecke ausgetragen und sofort weiterverarbeitet wird. Der aus dem Extruder aus tretende Schaum ist versandfertig und braucht nicht "nachgehärtet" zu werden. Es können auch mehrere Extrudervorrichtungen nach diesem Stand der Technik parallel und/oder hintereinander geschaltet werden. Zum Beispiel ist es möglich, mehrere Extruder im Co-Extrusionsprozeß arbeiten zu lassen. Das der Aufschlagvorrichtung zugeführte Produkt kann vorgekühlt werden. Es ist auch möglich, der Vorrichtung vorgekühlten Schaum zuzuführen und diesen Schaum auf die Lagertemperatur in der Extrudervorrichtung oder in einem oder mehreren der mit der Extrudervorrichtung verbundenen Vorrichtungsteile bis auf die Lagertemperatur herunterzukühlen.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 vorausgesetzten Art derart auszugestalten, daß das Produkt durch eine konstruktiv sinnvolle, relativ einfache Konstruktion auf Lagertemperatur kontinuierlich gekühlt und dabei homogen beansprucht und gut gemischt

werden kann, bei möglichst homogener Wärmeabfuhr.

Lösung der Aufgabe

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 5
wiedergegebenen Merkmale gelöst.

Einige Vorteile

Die erfindungsgemäße Einrichtung zum vorzugswei- 10
se lagerfertigen Tiefgefrieren von Eiskrem oder ande-
ren Fluiden auf Temperaturen von geringer als -10°C
unter gleichzeitiger Erzeugung eines cremigen Zustan-
des realisiert einen weitestgehend homogenen mechani- 15
schen Energieeintrag aufgrund der Verwendung eines
speziellen Doppelschneckensystems.

Die erfindungsgemäße Einrichtung weist folgende
bedeutsame Merkmale auf:

- a) Die Schnecken führen nur eine leichte gegensei- 20
tige Kämung durch;
- b) Der Schneckenkanal ist so ausgelegt, daß abhän-
gig vom Fließverhalten „der zu behandelnden Mas-
se nahezu keine „Strömungstotzonen“ entstehen
und damit ein homogener mechanischer Energie- 25
eintrag gewährleistet wird. Der lokale mechanische
Energieeintrag legt die Größe der entstehenden
Struktureinheiten — zum Beispiel Eiskristalle —
und damit die Qualität des Produktes — zum Bei-
spiel Kremigkeit — fest;
- c) Die Wärmeabfuhr aus der Masse erfolgt mög- 30
lichst homogen (Innen- und Außenkühlung).

Um die oben aufgeführten Merkmale a) bis c) zu ge- 35
währleisten, weist eine Einrichtung bevorzugt folgende
Merkmale auf.

1. Die Schneckenkanäle des Doppelschnecken-Sy-
stems werden extrem flach ausgeführt, zum Bei-
spiel $H/W \approx 0,1 - 0,2$.

Die Schneckensteigung ist ebenfalls gering. Der
Steigungswinkel Θ ist 20° bis 30° .

Die genaue Wahl von H/W und Θ wird unter Be- 45
rücksichtigung der Fließfunktion $\tau(\dot{\gamma})$ für das Pro-
dukt bei entsprechender Temperatur festgelegt.
Hierbei ist von Wichtigkeit, daß die wirksame Min-
destschubspannung an der Schneckenwelle sowie
an der Außenzylinderwand die Fließgrenze τ_0 des
Materials überschreitet.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ein Temperatur- 50
gradient über der Schneckenkanalhöhe existiert,
d. h. die Materialfließgrenze eine Funktion des Ka-
nalradius ist.

Fließfunktion $\tau(\dot{\gamma}, \vartheta)$ bzw. Fließgrenze $\tau_0(\vartheta)$ wer- 55
den in rheologischen Messungen ermittelt
(ϑ = Temperatur; $\dot{\gamma}$ = Schergeschwindigkeit).

2. Das Doppelschneckensystem wird bevorzugt
über ein an der Außenmanteloberfläche verdampfen- 60
des Fluid direkt sowie eventuell zusätzlich über
eine Innenkühlung der Schnecken gekühlt. Am Au-
ßenmantel des Schneckenkanals wird ein direktes
„Überflutungssystem“ oder ein „Durchströmungs-
prinzip“, zum Beispiel durch Kühlmittelbohrungen
im Außenzylinder, realisiert. Die Innenkühlung er-
folgt über die hohle Schneckenwelle.

3. Für die optimale Erzeugung eines cremigen
Stoffsystems ist zum Beispiel bei Speiseeis, welches
einen hohen dispergierten Luftanteil enthält, die

Gashaltung während des mechanischen Tiefge-
frierbehandlungsprozesses im Doppelschnecken-
system zu gewährleisten. Hierzu kann — worauf wei-
ter unten noch eingegangen wird — die Doppel-
schneckenwelle durch eine gasdichte Gleitringdich-
tung abgedichtet sein.

Neben den genannten konstruktiven Maßnahmen ist
für die Erzeugung der gewünschten cremigen Struktur
des tiefgefrorenen Stoffsystems auch die Berücksichti-
gung bestimmter „Betriebskriterien“ notwendig.

Hierzu zählt insbesondere die richtige Dimensionie-
rung des mechanischen Energieeintrages durch Wahl
einer angepaßten Drehzahl (abhängig von der Schne-
ckengeometrie). Die im Stoffsystem dissipierte, das heißt
in Wärmeenergie umgewandelte mechanische Energie,
darf ein kritisches Maß, welches durch die maximale
mögliche Wärmeabfuhr konstruktiv sowie über das
Kühlsystem festgelegt wird, nicht überschreiten.

Um dies zu gewährleisten, wird bei einer bevorzugten
Einrichtung der Erfindung konsistenzabhängig (End-
produkt) die Drehzahl des Doppelwellensystems ge-
steuert, wobei gegebenenfalls auf die auf die Anmelde-
rin zurückgehende Steuerung und Regelung der DE-PS
39 18 268 zurückgegriffen werden kann.

Die Konsistenzmessung kann hierbei bevorzugt ent-
weder über eine direkte Konsistenzmessung am End-
produkt (inline Viskositätsmeßzelle) oder indirekt über
das Drehmoment an einer Schneckenwelle bzw. die Lei-
stungsaufnahme des Antriebsmotors erfolgen. 30

Zusammenfassend ist somit festzustellen

Die Tiefgefrierstufe besteht bei der erfindungsgemä- 35
ßen Einrichtung aus einem gleich- oder gegenläufig dreh-
enden Doppelschneckensystem, welches eine homoge-
ne Durchmischung und mechanische Beanspruchung
des zu verarbeitenden Produkts, zum Beispiel Speiseeis,
gewährleistet. Diese ist zur Erzeugung möglichst feiner 40
Strukturen mit kleinen Eiskristallen und damit ge-
wünschter Cremigkeit bei gleichzeitig hohem ausgefro-
renen H_2O -Anteil von entscheidender Wichtigkeit.
Gleichzeitig wird die homogene Beanspruchung über
die Wahl der Schneckenkanalgeometrie und die Schne-
kendrehzahl derart festgelegt, daß eine überkritische
Beanspruchung der „Schaumstruktur“ der belüfteten
Eiskrem oder dergleichen mit der Folge der Struktur-
zerstörung (insbesondere Aufschlagverlust) vermieden
wird.

Unter Berücksichtigung der strukturbedingten me-
chanischen Beanspruchungsgrenzen von Eiskrem oder
dergleichen werden Schneckenkanalgeometrie (sowie
Schneckenkämung) und Schneckendrehzahl zusätz-
lich im Hinblick auf einen optimalen Wärmeübergang
an das Kühlmedium unter Berücksichtigung der Ener-
giedissipation durch Scherung der Eiskrem oder der-
gleichen ausgelegt.

Erfindungsgemäß wird der mechanische Energieein-
trag in einen extrem flachen Schneckenkanal bei nur
leichter Schneckenkämung weitgehend homogen
(keine örtlichen Spannungsspitzen) realisiert. Hierbei
kann $H/B \approx 0,1$ betragen, worin H = Kanalhöhe und B
= Kanalbreite bedeuten. Man wird in der Regel eine
Schneckensteigung Θ 20° bis 30° wählen. Die Wahl der
Schneckendrehzahl erfolgt rezepturspezifisch unter er-
findungsgemäßer Berücksichtigung der temperaturab-
hängigen Fließgrenze τ_0 sowie kritischen Schubspan-
nungen für die Strukturveränderung (Aufschlag-, Kre-

migkeitsverlust).

Wenn in den Anmeldungsunterlagen von einem "Doppelschneckensystem" oder "Doppelextruder" oder "Doppelschnecken" gesprochen wird, so schließt dies nicht aus, daß derartige "Systeme" auch mehr als zweimal, zum Beispiel vier-, sechs-, achtmal oder dergleichen vorgesehen sein können. Derartige "Doppelschneckensysteme" oder dergleichen können mehrfach parallel und/oder hintereinander in einem oder mehreren Gehäusen angeordnet sein.

Bevorzugte Ausführungsformen

In Patentanspruch 2 ist eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Schneckenkanäle beschrieben.

Patentanspruch 3 beinhaltet eine Ausführungsform, bei welcher das Kühlfluid im "Durchströmungsprinzip" durch Kühlmittelbohrungen im Außenzylinder des Doppelschneckensystems strömt.

Demgegenüber beschreibt Patentanspruch 4 eine Ausführungsform, bei welcher das zum Beispiel verdampfende Fluid als direktes "Überflutungssystem" Gehäusewandungen des Doppelschneckensystems umspült.

Patentanspruch 5 beschreibt die zusätzliche Innenkühlung der Schnecken, welche unter Einsatz eines Heizmediums auch zum Auftauen verwendet werden kann (Versuchsende).

Patentanspruch 6 beschreibt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung.

Einige Vorteile

Die optimierte Abstimmung von

- mechanischem Energieeintrag
- homogener Strukturbeanspruchung
- unterkritischer Scherung (Minimierung der Strukturzerstörung)
- Kühlgradient (Berücksichtigung von dissipierter Energie) und Gefrierprozeß

erfolgt mittels einer Steuerung von mechanischer und thermischer Energiebilanz auf Basis der Erfassung eines Temperaturprofils der Masse im Extruder sowie der Produktkonsistenz als Zielgröße. Die Produktkonsistenz wird mittels on-line- oder in-line-Viskositätsmessung ermittelt.

Gemäß Patentanspruch 7 erfolgt die Wahl der Schneckendrehzahl rezepturspezifisch unter erfindungsgemäßer Berücksichtigung der temperaturabhängigen kritischen Schubbeanspruchungen für die Strukturveränderung (Aufschlag-, Kremigkeitsverlust). Bei zum Beispiel Eiskrem-Austrittstemperaturen von ca. -15°C werden beispielsweise erfindungsgemäß für Normaleiskrem (ca. 10% Fettanteil) maximale Schergefälle von 30 bis 50^{-1} realisiert. Neben der Vermeidung überkritischer Beanspruchung ist dabei die durch Scherung eingetragene (dissipierte) Energie über die erfindungsgemäße Wandkühlung mit direkt verdampfenden Kühlmittel zusätzlich zur Schmelzenthalpie der auszufrierenden wäßrigen Phase aufzubringen.

In der Zeichnung ist die Erfindung beispielsweise veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung einen erfindungsgemäßen Verfahrensgang;

Fig. 2 eine Einheit aus Fig. 1, in größerem Maßstab, teils im Schnitt;

Fig. 3 eine Konstruktion aus der DE-PS 39 18 268;

Fig. 4 ein Doppelschneckensystem in teilweiser Stirnansicht;

Fig. 5 einen Teillängsschnitt zu Fig. 4;

Fig. 6 ein Doppelschneckensystem, bei dem im Außenzylinder der Schnecken Kühlmittelkanäle zum Durchströmen eines Kühlfluids sowie eine Schneckeninnenkühlung vorgesehen sind, teils im Schnitt;

Fig. 7 eine weitere Ausführungsform der Erfindung, wobei das Doppelschneckensystem über ein an der Außenmanteloberfläche des Gehäuses verdampfendes Fluid im "Überflutungssystem" gekühlt wird;

Fig. 8 eine ausschnittsweise Darstellung aus einer Schnecke mit verschiedenen geometrischen (konstruktiven) Bezeichnungen und

Fig. 9 einen Längsschnitt durch ein Doppelschneckensystem (nur eine Schnecke ersichtlich) mit Gasdichtung.

Mit dem Bezugszeichen 1 ist eine Aufschlagvorrichtung bezeichnet, in der das zu verschäumende Produkt unter Hinzumischung von z. B. Luft verschäumt wird. In der Aufschlagvorrichtung 1 kann der Schaum z. B. eine Temperatur von 12°C aufweisen.

Der so hergestellte Schaum verläßt die Aufschlagvorrichtung 1 in Pfeilrichtung und wird einem Kühl- oder Gefriergerät (Freezer) 2 zugeführt, in dem der Schaum auf z. B. $-5,5^{\circ}\text{C}$ heruntergekühlt wird. Der so vorgefrorene Schaum 10 verläßt das Kühl- oder Gefriergerät 2 in Pfeilrichtung und wird einer kombinierten Extrudervorrichtung 3 zugeführt. In der Extrudervorrichtung 3 wird der vorgefrorene eßbare Schaum auf z. B. -20°C lagerfertig heruntergekühlt und verläßt kontinuierlich die kombinierte Extrudervorrichtung 3 als lagerfertiges Produkt 4 (Schaum), z. B. Speiseeis, Schlagsahne.

In Fig. 2 ist die kombinierte Extrudervorrichtung 3 schematisch im Querschnitt veranschaulicht. Das Bezugszeichen 5 bezeichnet eine von einem nicht dargestellten Motor angetriebene Welle, mit der ein Rotor 6 verbunden ist. Der Rotor 6 weist mehrere Schaufeln 7 auf, die mit Abstand mit einem Stator 8 angeordneten Schaufeln 9 kämmen. Der vorgefrorene Schaum 10 wird einer Kammer 11 und damit auch den Schaufeln 7 und 9 zugeführt. In diesem Bereich können geeignete Kühlvorrichtungen angeordnet sein, die den vorgefrorenen Schaum 10 weiter herunterkühlen. Der weiterhin innig durchgemischte Schaum 10 wird in einer anschließenden Kühlvorrichtung 12 bis auf Lagertemperatur von z. B. -20°C kontinuierlich im Durchlaufverfahren heruntergekühlt. Kühltrollen 13 sind in Fig. 2 schematisch angedeutet. Der lagerfertig gekühlte Schaum 4 wird durch eine oder mehrere Extruderschnecken 14 kontinuierlich aus der Vorrichtung 3 abgefordert. Die Extruderschnecke 14 ist an ihrem der Welle 5 entgegengesetzten Endabschnitt in einem lediglich schematisch angedeuteten rohrförmigen Gehäuse 15 gelagert und kann durch den gleichen Motor wie die Welle 5 mit angetrieben werden.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung beschrieben, die eine detailliertere Ausarbeitung der aus Fig. 1 ersichtlichen Ausführungsform darstellt.

Mit dem Bezugszeichen 1 ist die Aufschlagstufe bzw. Aufschlagvorrichtung, mit 2 die Vorgefrierstufe bzw. das Kühl- oder Gefriergerät und mit 3 die Tiefgefrierstufe bzw. die kombinierte Extrudervorrichtung bezeichnet. Die Aufschlagvorrichtung 2 besteht im wesentlichen aus einem rohrförmigen Gehäuse 16, das im Innern ein weiteres rohrförmiges Gehäuse 17 aufweist, das zu dem äußeren Gehäuse 16 koaxial angeordnet ist,

so daß zwischen äußerem und innerem Gehäuse 16 und 17 ein Ringraum 18 verbleibt, an dem an dem einen Ende eine Kühlmittelzufuhrleitung 19 und an dem anderen Ende ein Kühlmittelabflußstutzen 20 angeschlossen sind. Der Kühlmittelabflußstutzen 20 ist mit einer geeigneten, nicht dargestellten Leitung verbunden. Der Ringraum 18 wird somit von Kühlmittel durchströmt. Als Kühlmittel kann eine geeignete Sole, Frigen® oder dgl. in Betracht kommen.

In dem inneren rohrförmigen Gehäuse ist ein Rotor 21 mit zahlreichen über seinen Umfang und seiner Länge verteilten Schaufeln 22 angeordnet, der über eine Welle 23 durch einen nicht dargestellten Motor angetrieben wird.

An der Innenwandung 24 des inneren Gehäuses 17 sind über den Umfang und über die Länge ebenfalls zahlreiche Schaufeln 25 angeordnet, die mit den Schaufeln 22 mit Spaltabstand kämmen.

Auf der einen, der Welle 23 zugekehrten Stirnseite des Gehäuses 16 ist eine Zufuhrleitung 26 angeschlossen. An das eine Ende 27 dieses L-Stückes der Zufuhrleitung 26 wird das betreffende Fluid, also die Ausgangskomponenten des zu verschäumenden Mediums, zugeführt, während durch das Rohrstück 28 in die Zufuhrleitung 26 ein geeignetes Verschäumungsgas, in der Regel Luft, zugeführt wird.

Fluid und Trägergas bzw. Luft treten also in den Innenraum 29 und werden durch die Schaufeln 22 und 25 innig miteinander verschäumt. Die in dieser Aufschlagvorrichtung 1 vorgeschäumten Stoffe verlassen über den Rohrstutzen 30 die Aufschlagvorrichtung 1 in Richtung des Pfeiles 31 und werden in einen Rohrstutzen 32 eingebracht, der an ein Gehäuse 33 des Kühl- oder Gefriergerätes 2 angeschlossen ist.

Beim Durchströmen der Aufschlagvorrichtung 1 werden Fluid und Trägergas vorgekühlt, wobei — wie in allen anderen Stufen, also Aufschlagvorrichtung 1, Kühl- oder Gefriergerät 2 und Tiefgefrierstufe 3 — Kühlmittel und Fluid sich im Gegenstrom zueinander bewegen.

In dem Kühl- oder Gefriergerät 2 strömt der Schaum durch einen Ringraum 34, der außen von Kühlmittel umspült ist, das über eine Zufuhrleitung 35 in einen Ringraum 36 eingegeben wird und diesen Ringraum 36 über eine Abflußleitung 37 wieder verläßt.

Koaxial zu den Ringräumen 34, 36 ist ein Rotor 38 angeordnet, der über eine Welle 39 motorisch angetrieben ist.

Der vorgefrorene Schaum wird über einen Stutzen 40 abgeführt und über einen Anschlußstutzen 41 einem Gehäuse 42 der Tiefgefrierstufe zugeführt.

Das Gehäuse 42 der Tiefgefrierstufe 3 weist wiederum einen Ringraum 43 auf, an den eine Leitung 44 zum Zuführen des Kühlmittels angeschlossen ist. Das Kühlmittel verläßt über eine Leitung 45 den Ringraum 43.

Koaxial zum Ringraum 43 ist z. B. eine über eine Welle 46 motorisch angetriebene Förderschnecke 47 angeordnet, die den tiefgefrorenen Schaum durch einen Stutzen 48 austrägt. Der tiefgefrorene Schaum wird dann in geeigneter Weise weiterverarbeitet, verpackt und abtransportiert.

Mit den Bezugszeichen 49, 50 und 51 sind Thermoelemente bezeichnet, mit denen die Temperatur des tiefgefrorenen Schaumes an verschiedenen Stellen in der Tiefgefrierstufe meßbar sind.

In Fig. 3 wurde mit V_L der Volumenstrom des zugeführten Fluids, mit V_g der Volumenstrom des zugeführten Trägergases, mit P_g der Druck des zugeführten Trä-

gergases an dem Rohrstück 28, mit T_{m1} die Temperatur in der Zufuhrleitung 26, M_{d1} das Drehmoment an der Welle 23, mit n_1 die Drehzahl der Welle 23, mit TK_1 die Temperatur im Kühlmittelabflußstutzen 20, mit P_{m1} der Druck im Rohrstutzen 30, mit T_{m2} die Temperatur im Rohrstutzen 30, mit TK_2 die Temperatur in der Kühlmittelzufuhrleitung 19, mit TK_3 die Temperatur in der Abflußleitung 37, mit M_{d2} das Drehmoment an der Welle 39, mit n_2 die Drehzahl der Welle 39, mit TK_4 die Temperatur in der Zufuhrleitung 35, mit P_{m2} der Druck im Stutzen 40, mit T_{m3} die Temperatur im Stutzen 40, mit M_{d3} das Drehmoment an der Welle 46, mit n_3 die Drehzahl der Welle 46, mit T_{m5} , T_{m6} und T_{m7} die durch die Thermoelemente 49, 50 und 51 jeweils gemessenen Temperaturen der tiefgefrorenen Schäume in der Tiefkühlstufe, mit TK_6 die Temperatur in der Leitung 44, mit P_{m3} der Druck im Stutzen 48 und mit T_{m4} die Temperatur im Stutzen 48 bezeichnet.

Mit den Bezugszeichen 19, 20, 35, 37, 44 und 45 sind für die einzelnen Prozeßstufen die jeweiligen Kühlmittelzu- und -abflüsse gekennzeichnet. Die an den entsprechenden Stellen gemessenen Kühlmitteltemperaturen sind mit TK_1 bis TK_6 gezeichnet. Diese Temperaturen werden durch Thermoelemente an den entsprechenden Stellen gemessen.

Weitere Temperaturmessungen erfolgen beim jeweiligen Masseaustritt aus den einzelnen Prozeßstufen, Bezugszeichen 20, 40 bzw. 48, Temperaturen T_{m2} , T_{m3} , T_{m4} . An denselben Stellen wird ferner eine Druck- bzw. Druckdifferenzmessung zur Konsistenzermittlung (viskoser Druckabfall) gemessen (P_{m1} , P_{m2} bzw. P_{m3}).

Für die Antriebsaggregate der einzelnen Prozeßstufen, Bezugszeichen 1 bis 3, erfolgt eine Leistungs- bzw. Drehmomentmessung M_{d1} bis M_{d3} und Drehzahlmessungen n_1 bis n_3 .

Für die zudosierten Ausgangskomponenten (Fluid, Gas) wird sowohl der Volumenstrom V_L und V_g bei 27 und 28 sowie für das Gas der Dosierdruck P_g bei 28 und für die Mischung aus den Ausgangskomponenten bei Position 26 die Mischungstemperatur T_{m1} ermittelt.

In der letzten Prozeßstufe (Tiefgefrierstufe) wird zur Kontrolle des Temperaturprofils über die Länge der Prozeßstufe zusätzlich an drei Stellen die Massetemperatur der in dieser Prozeßstufe tief zugefrierenden Masse bestimmt (T_{m5} bis T_{m7}).

Zielgrößen beim Herstellungsprozeß tiefgefrorener Schaummassen sind die Massetemperatur T_{m4} am Austritt der Tiefgefrierstufe und der an dieser Stelle gemessene Druck bzw. Differenzdruck P_{m3} (viskoser Druckverlust), welche ein Maß für die Konsistenz der aus der Anlage austretenden tiefgefrorenen Schaummatrix sind. Zur Erreichung der definierten Zielgrößen sind folgende Vorgabeparameter nach den Erfahrungen der Rezepturenentwicklung einzustellen und in ihrer Konstanz zu kontrollieren bzw. zu regeln: Fluid- und Gasvolumenstrom V_L und V_g , Gasdruck P_L , die Leistungsdaten der Antriebsaggregate M_{d1} bis M_{d3} und n_1 bis n_3 sowie die Eintrittstemperaturen des Kühlmediums in die einzelnen Prozeßstufen TK_2 ; TK_4 ; TK_6 und die Eintrittsgemischtemperatur T_{m1} bei 26 als auch der Gegendruck in der Aufschlagstufe P_{m1} .

Als reine Kontrollparameter werden die Kühlmittelaustrittstemperaturen aus den einzelnen Prozeßstufen TK_1 ; TK_3 ; TK_5 sowie die Massetemperaturen T_{m2} , T_{m3} , T_{m4} , T_{m5} , T_{m6} und T_{m7} und der Austrittsdruck P_{m2} aus der Vorgefrierstufe ermittelt.

Die maßgeblichen Regelgrößen für den Schaumaufschlag sind die Volumenströme von Gas und Fluid V_g ,

V_L, maßgeblich für die Einstellung der Konsistenz — Zielgrößen Pm₃; Tm₄ — sind die Leistungseinträge in den einzelnen Prozeßstufen Md₁ bis Md₃; n₁ bis n₃ sowie die Geschwindigkeit des Kühlvorganges in der Tiefgefrierstufe, welche im wesentlichen durch die Eintritts-
temperatur des Kühlfluids TK₆; Bezugszeichen 44 be-
stimmt wird.

Die Tiefgefrierstufe 3 ist bei einer erfindungsgemäßen Einrichtung mit mindestens einem Doppelschneckensystem (Doppelschneckenextruder) versehen, das zwei nur leicht miteinander kämmende Schnecken 52 und 53 aufweist. Die Schnecken 52 und 53 sind bei den dargestellten Ausführungsformen jeweils in einem Gehäuse 54 drehbar gelagert. Das Gehäuse kann aus einem metallischen Werkstoff, zum Beispiel aus Stahl, insbesondere einem hochlegierten, rostfreien Stahl, bestehen.

Die beiden Schnecken 52 und 53 werden durch einen nicht dargestellten Antrieb, zum Beispiel gemeinsam oder einzeln durch einen Motor, vorzugsweise über eine drehelastische Kupplung (nicht dargestellt) angetrieben. Erforderlichenfalls kann auch noch ein Untersetzungsgetriebe zwischengeschaltet sein (ebenfalls nicht dargestellt).

Wenn von "leichter Schneckenkämmung" die Rede ist, so ist damit gemeint, daß die Schneckenstege (Wendel) 55 bzw. 56 vorzugsweise nicht zu weit ineinandergreifen, also der Dreh-Achsabstand A der Schnecken 52 und 53 so gewählt wird, daß die Stege (Wendel) 55 und 56 in einem erhöhten Abstand von der Zylindermantelfläche 58 bzw. 57 der Schnecken 52 und 53 angeordnet sind.

Des weiteren ist die axiale Positionierung der beiden Schnecken 52 und 53 vorzugsweise derart bestimmt, daß die Wendel 55 der Schnecke 52 im mittleren axialen Bereich in die Wendel 56 der Schnecke 53 eintaucht. Dies trägt zur Vermeidung überkritischer Beanspruchungen der durch Scherung eingetragenen Energie bei.

Der Schneckenkanal jeder Schnecke 52 und 53 ist extrem flach ausgebildet ($H/B \approx 0,1$; Fig. 8.) Die Schneckensteigung Θ kann hierbei auch 20° bis 30° sein.

Die Wendel 55 und 56 schaben jeweils an der inneren Zylindermantelfläche 59 bzw. 60 und sind deshalb relativ scharfkantig ausgebildet.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 sind in dem Gehäuse 54 zahlreiche parallel und mit Abstand zueinander angeordnete Kühlmittelkanäle 61 vorgesehen, durch die ein geeignetes Kühlfluid hindurchströmt, um den von den Schnecken 52 und 53 zu mischenden und zu fördernden aufgeschlagenen und vorgefrorenen Schaum (zum Beispiel Eiskrem) unter -10°C, vorzugsweise auf -16°C bis -45°C, vornehmlich auf -18°C bis -20°C, auf Lagertemperatur tiefzukühlen und wegzutransportieren. Eine Intensivierung der Kühlung sowie Verbesserung der Homogenität des Wärmeaustausches wird durch eine zusätzliche Innenkühlung der hohl ausgeführten Schneckenwellen 66 erreicht.

Ähnliches geschieht auch bei der Ausführungsform nach Figur 7, bei welcher das Gehäuse 54 im Querschnitt etwa flachoval, strenggenommen an den Enden nach Halbkreisbögen, die durch parallele und mit Abstand zueinander verlaufende Graden miteinander verbunden sind, ausgebildet ist. Das Gehäuse 54 ist in einem rohrförmigen, innen und außen zylindrischen Behälter 65 angeordnet, der teilweise mit einem Kühlfluid 62, zum Beispiel Frigen®, Sole oder dergleichen gefüllt ist und das Gehäuse 54 umspült, um dadurch den von den Schnecken 52 und 53 zu mischenden Schaum, zum Beispiel Schlagsahne oder Eiskrem, auf Lagertemperatur

abzukühlen. Da für die optimale Erzeugung eines cremigen Stoffsystems, zum Beispiel bei Speiseeis, ein hoher dispergierter Luftanteil erforderlich ist, muß die Gashaltung während des mechanischen Tiefgefrierbehandlungsprozesses im Doppelschneckensystem gewährleistet werden. Deshalb sind die aus dem Gehäuse 54 austretenden Wellenstümpfe jeweils durch eine gasdichte Gleitringdichtung 64 nach außen hin abgedichtet. Von den Wellenstümpfen ist lediglich der Wellenstumpf 63 in Fig. 9 mit einem Bezugszeichen versehen. Der andere Wellenstumpf und die nicht ersichtliche gasdichte Gleitringdichtung ist ebenso ausgebildet wie die aus Fig. 9 ersichtlichen konstruktiven Einzelheiten.

Bezugszeichenliste

- 1 Aufschlagvorrichtung
- 2 Kühl- oder Gefriergerät (Freezer)
- 3 Vorrichtung zum Transportieren und Tiefgefrieren, kombinierte Extrudervorrichtung, Tiefgefrierstufe
- 4 Schaum, Produkt
- 5 Welle
- 6 Rotor
- 7 Schaufeln
- 8 Stator
- 9 Schaufeln
- 10 Schaum, vorgefrorener
- 11 Kammer
- 12 Kühlvorrichtung
- 13 Kühlschlangen
- 14 Extruderschnecke
- 15 Gehäuse, rohrförmiges
- 16 Gehäuse, rohrförmiges
- 17 Gehäuse, inneres
- 18 Ringraum
- 19 Kühlmittelzufuhrleitung
- 20 Kühlmittelabflußstutzen
- 21 Rotor
- 22 Schaufel
- 23 Welle
- 24 Innenwandung
- 25 Schaufel
- 26 Zufuhrleitung
- 27 Ende
- 28 Rohrstück
- 29 Innenraum
- 30 Rohrstutzen
- 31 Pfeilrichtung
- 32 Rohrstutzen
- 33 Gehäuse
- 34 Ringraum
- 35 Zufuhrleitung
- 36 Ringraum
- 37 Abflußleitung
- 38 Rotor
- 39 Welle
- 40 Stutzen
- 41 Anschlußstutzen
- 42 Gehäuse
- 43 Ringraum
- 44 Leitung
- 45 Leitung
- 46 Welle
- 47 Förderschnecke
- 48 Stutzen
- 49 Thermoelement
- 50 Thermoelement
- 51 Thermoelement

52 Schnecke	
53 Schnecke	
54 Gehäuse	
55 Schneckensteg, Wendel	
56 Schneckensteg, Wendel	5
57 Zylindermantelfläche	
58 Zylindermantelfläche	
59 Zylindermantelfläche, innere	
59a Zylindermantelfläche, innere	
60 Kühlmittel	10
61 Kühlmittelkanal	
62 Kühlflüssigkeit	
63 Wellenstumpf	
64 Gleitringdichtung, gasdichte	
65 Behälter	15
66 Schneckenhohlwellen als Kühlmittelkanal (eventuell auch Heizmedium zum Auftauen)	
Md ₁ Drehmoment an der Welle 23	
Md ₂ Drehmoment an der Welle 39	
Md ₃ Drehmoment an der Welle 46	20
n ₁ Drehzahl der Welle 23	
n ₂ Drehzahl der Welle 39	
n ₃ Drehzahl der Welle 46	
P _g Druck des zugeführten Trärgases in dem Rohr- stück 28	25
P _L Gasdruck	
Pm ₁ Druck im Rohrstutzen 30	
Pm ₂ Druck im Stutzen 40	
Pm ₃ Druck im Stutzen 48	
Tm ₁ Temperatur in der Zufuhrleitung 26	30
Tm ₂ Temperatur im Rohrstutzen 30	
Tm ₃ Temperatur im Stutzen 40	
Tm ₄ Temperatur im Stutzen 48	
Tm ₅ Temperatur am Thermoelement 49	
Tm ₆ Temperatur am Thermoelement 50	35
Tm ₇ Temperatur am Thermoelement 51	
TK ₁ Temperatur im Kühlmittelabflußstutzen 20	
TK ₂ Temperatur in der Kühlmittelzufuhrleitung 19	
TK ₃ Temperatur in der Leitung 37	
TK ₄ Temperatur in der Zufuhrleitung 35	40
TK ₅ Temperatur in der Leitung 45	
TK ₆ Temperatur in der Leitung 44	
V _L Volumenstrom des Fluids am Eingang der Leitung 27	
V _g Volumenstrom des Trärgases am Eingang der Leitung 28	45
A Dreh-Achsabstand der Schnecken 52 und 53	

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Kühlen von eßbaren Schäumen, bei der einer Aufschlagvorrichtung unmittelbar ein Kühl- und Gefriergerät zum Vorgefrieren des Schaumes und dem Kühl- und Gefriergerät unmittelbar eine als kombinierte Tiefgefrier- und Transportvorrichtung ausgebildete motorisch antreibbare Extrudervorrichtung nachgeschaltet ist, in der der vorgefrorene Schaum auf Lagertemperatur herunterkühlbar ist und die Aufschlagvorrichtung, das Kühl- oder Gefriergerät und die Extrudervorrichtung durch Rohrleitungen miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - a) die Extrudervorrichtung mindestens ein Doppelschneckensystem mit zwei mit ihren Drehachsen parallel zueinander angeordneten Schnecken (52, 53) aufweist;
 - b) die Schnecken (52, 53) des Doppelschneckensystems mit ihren Schneckenstegen (Wen-

del 55, 56) an der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) des sie umgebenden Gehäuses (54) schaben;

c) die Stege der zweiten Schnecke (53) mittig zwischen die Stege der ersten Schnecke (52) angeordnet sind und ein erhöhter Drehachsenabstand der Schnecken (52, 53) realisiert ist, so daß die der Zylindermantelfläche (57, 58) der jeweiligen Schnecke (52, 53) zugekehrte Stirnseite des Schneckensteiges der anderen Schnecke (56, 55) einen radialen Abstand von dieser aufweist;

d) die Schneckenstege (55, 56) mit der Zylindermantelfläche (57, 58) der Schnecken (52, 53) und der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) des Gehäuses (54) einen extrem flachen Schneckenkanal begrenzen.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Kanalhöhe (H) zur Kanalweite (W) bei jeder Schnecke (52, 53) etwa 0,1 beträgt, während der Schneckensteigungswinkel (Θ) 20° bis 30° beträgt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (54) einstückig ist und im Bereich der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) für die Schnecken (52, 53) mehrere achsparallel und mit Abstand zueinander angeordnete Kühlmittelkanäle (61) aufweist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (54) in einem Behälter (65) angeordnet ist, der so mit Kühlfluid füllbar ist, daß das Gehäuse (54) der beiden Schnecken (52, 53) außen "umspült" ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneckenwellen (66) hohl ausgeführt sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Wellenstumpf (63) für die Schnecken (52, 53) durch eine gasdichte, insbesondere als Gleitringdichtung ausgebildete Dichtung (64) nach außen hin abgedichtet ist.

7. Einrichtung gemäß Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Steuerung aufweist, welche die Drehzahl der Schnecken (52, 53) rezepturspezifisch unter Berücksichtigung der temperaturabhängigen kritischen Schubspannungen für die Strukturveränderungen zur optimierten Abstimmung von mechanischem Energieeintrag, homogener Strukturbeanspruchung des jeweiligen Produktes, überkritischer Scherung, Kühlgradient und Gefrierprozeß durch Erfassung der Produktkonsistenz als Zielgröße vornimmt, wobei die Produktkonsistenz mittels einer on-line-Viskositätsmessung bestimmt wird, derart, daß im Stoffsystem dissipierte, das heißt in Wärmeenergie umgewandelte mechanische Energie ein kritisches Maß nicht überschreitet.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

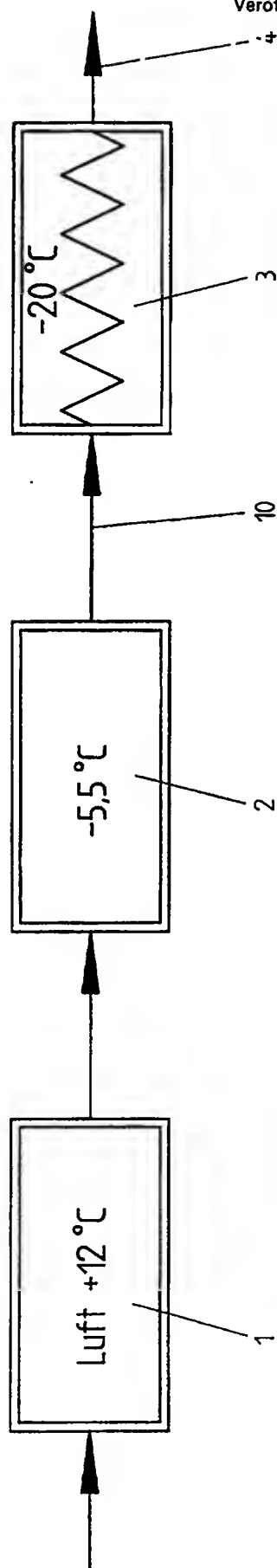


Fig. 2

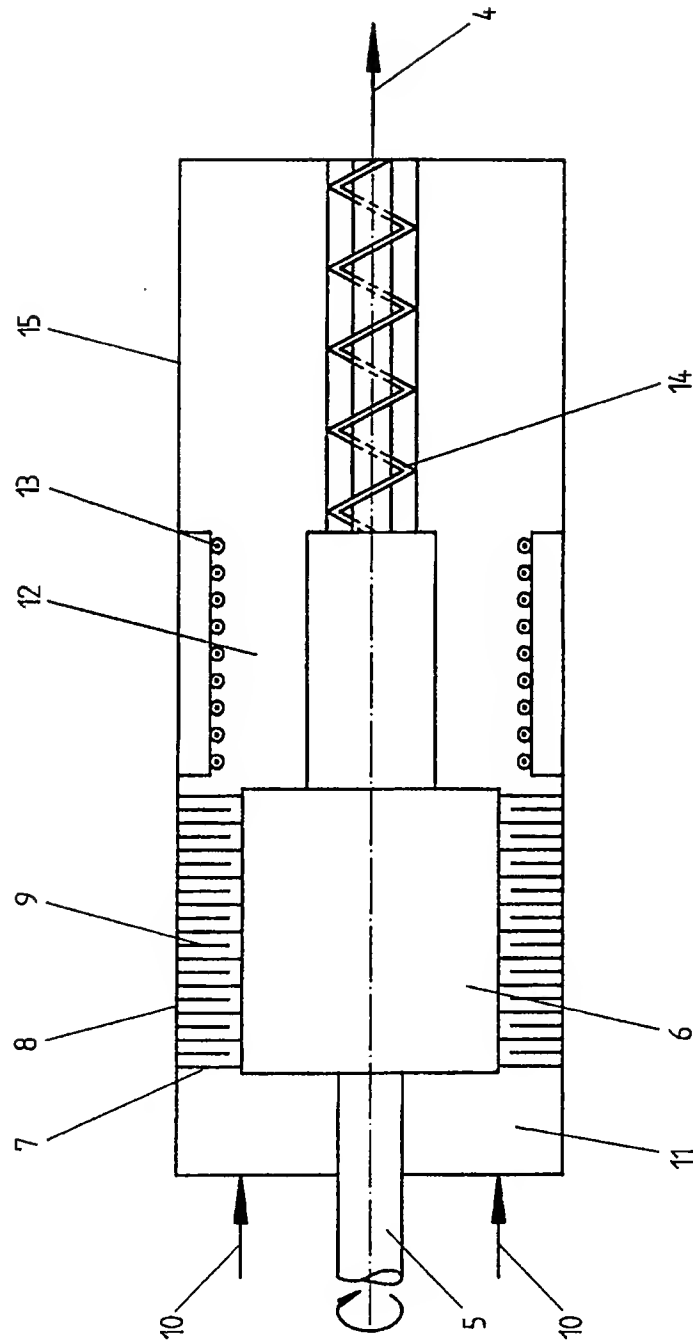
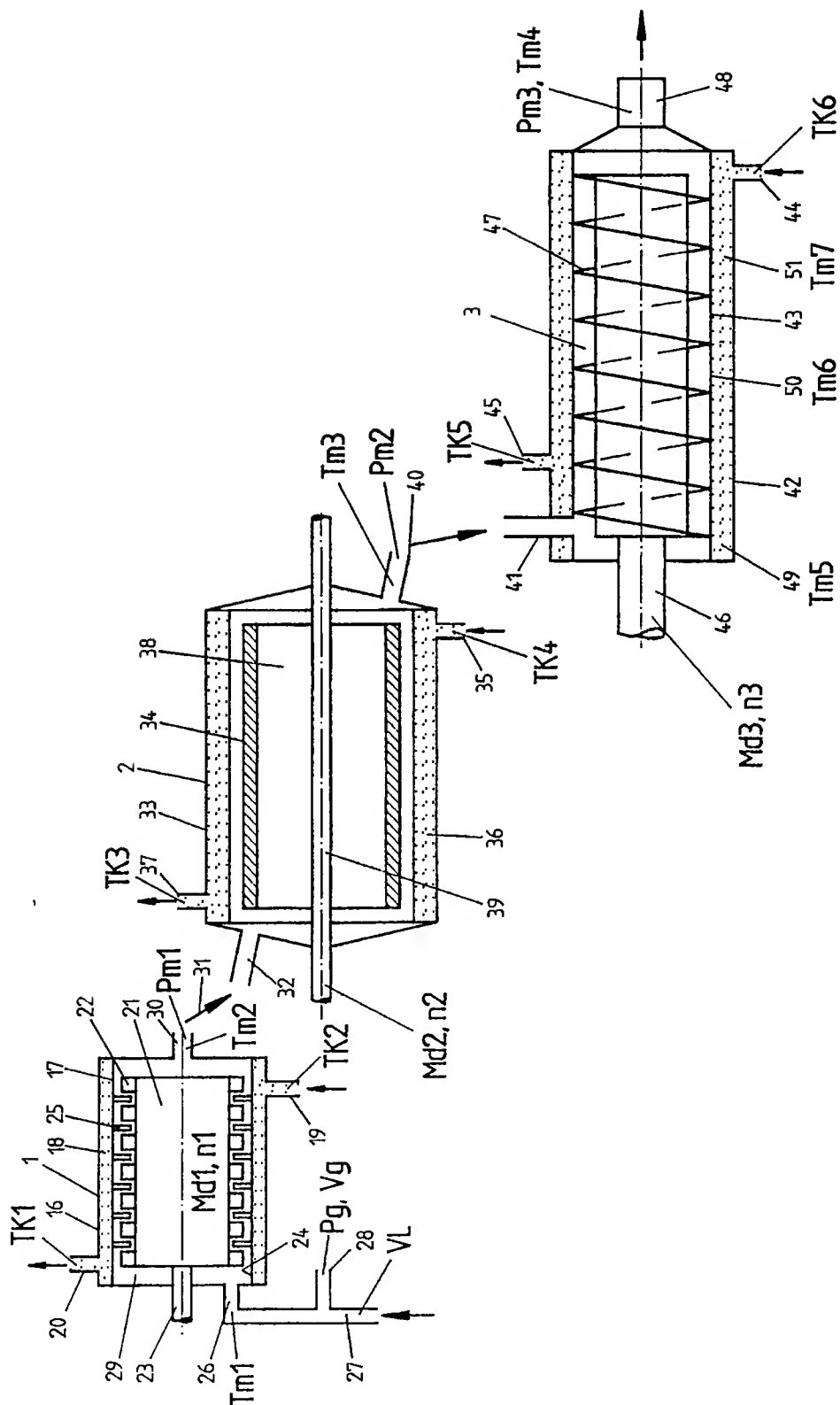


Fig. 3



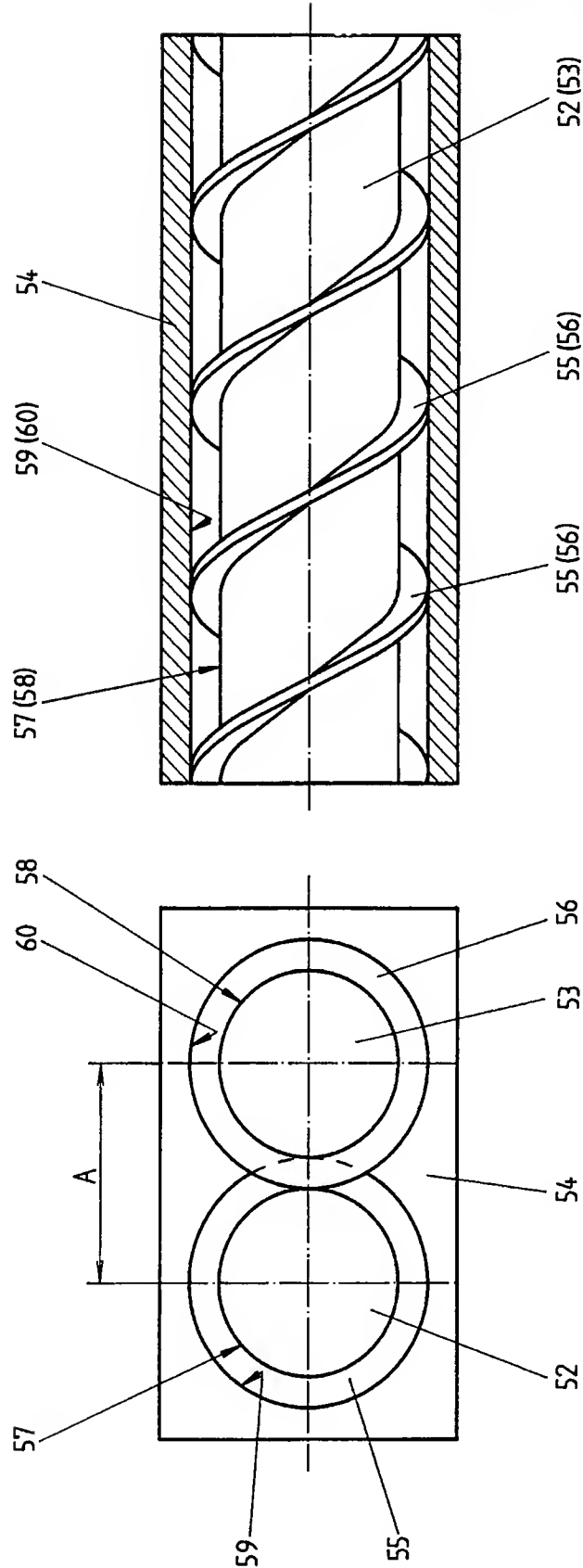


Fig. 5

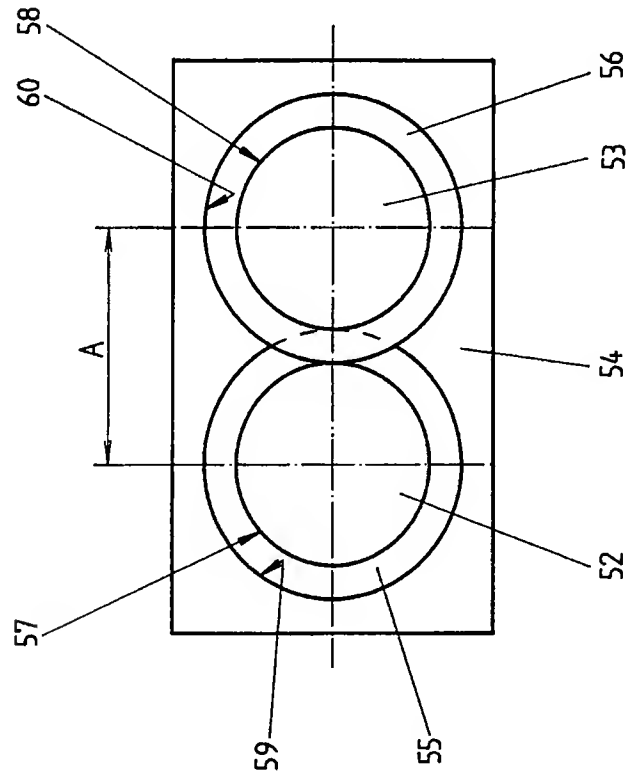


Fig. 4

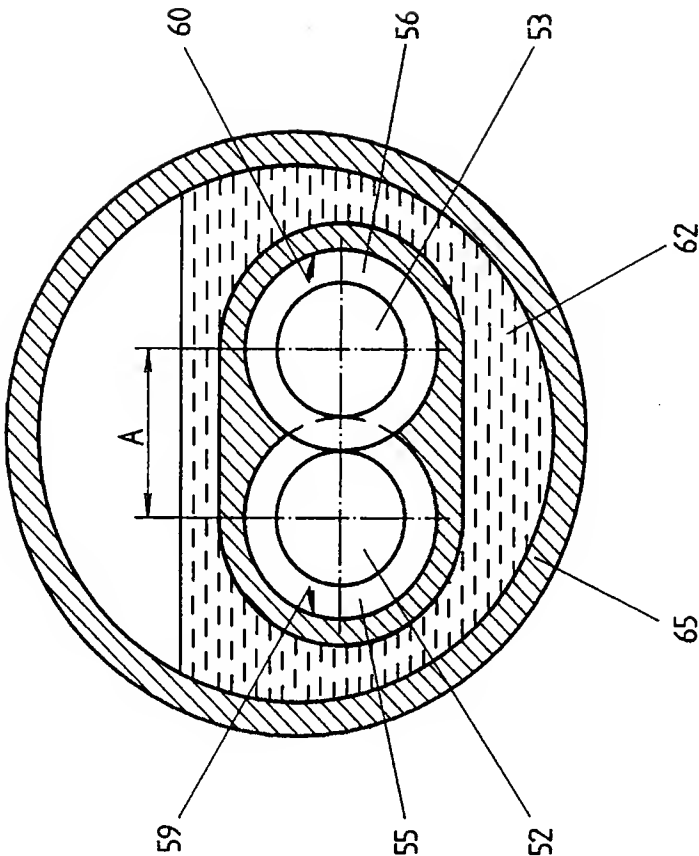


Fig. 7

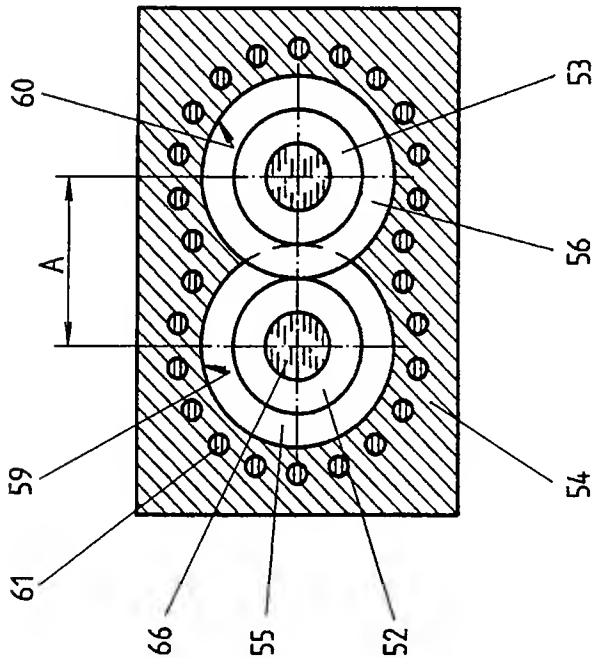
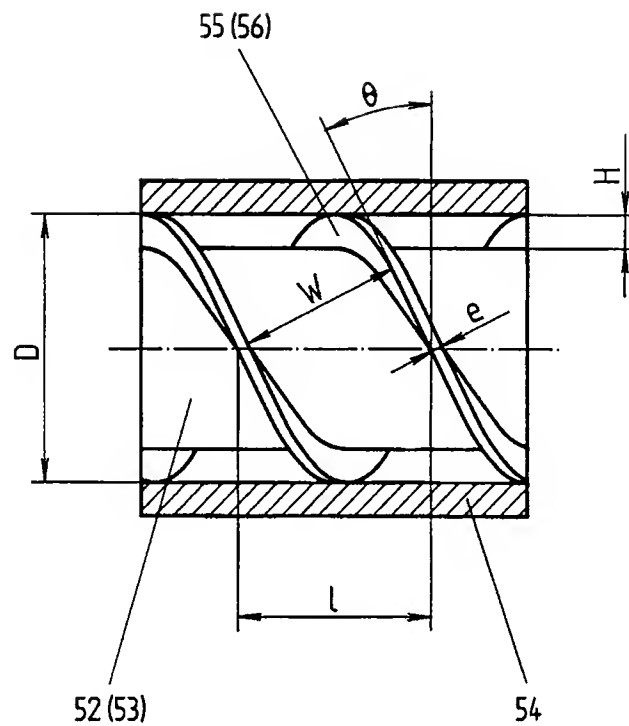


Fig. 6

Fig. 8

Zylinderdurchmesser	D
Kanalthöhe	H
axiale Kanallänge	l
Kanalweite	w
Schneckenstegbreite	e
Schneckensteigungswinkel	θ
Anzahl der Kanäle (Gangzahl)	p
Schneckensteigung	$P = p * l$

Fig. 9

